

原 著 COPD 患者における歩行後の経皮的酸素飽和度の 回復過程に関連する因子の検討

昭和大学大学院保健医療学研究科

廣田 千香* 田中 一正

日本鋼管病院リハビリテーション科

川島 拓馬

抄録：慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者は、歩行後も低酸素血症の持続を認めるが、低酸素血症の回復に関する研究は少ない。本研究は、歩行後持続する低酸素血症の経時的变化と、歩行後の低酸素血症の回復に関連する因子を明らかにすることを目的とした。対象は安定期 COPD 患者 44 例であり、Incremental Shuttle Walking Test (ISWT)、6 分間歩行試験 (6MWT)、呼吸機能検査を実施した。44 例のうち ISWT にて経皮的酸素飽和度（以下 SpO_2 ）の低下を認め、6 分間連続歩行が可能であり、酸素療法を必要としない患者を対象に 6MWT を施行した。歩行試験は、安静時の SpO_2 を基準とし、1 秒毎に記録した SpO_2 の変化量と SpO_2 が歩行後安静時の値に回復するまでの時間を用いて歩行中から歩行後の 1 分毎の面積（ SpO_2 低下面積値）を算出した。次に歩行後の SpO_2 低下面積値と測定項目の関連について検討した。対象者 44 例のうち、 SpO_2 の低下を認めたのは 38 例であった。そのうち 6MWT において SpO_2 低下を認めたのは 23 例であった。両歩行試験において、歩行終了前 1 分間の SpO_2 低下面積値は、歩行後 1 分間では有意差を認めず、歩行後 2 分間の SpO_2 低下面積値は有意に低値となった（ $p < 0.01$ ）。また、歩行後 2 分間の SpO_2 低下面積値と歩行後 3 分間の SpO_2 低下面積値は有意差を認めなかった。ISWT における歩行後の SpO_2 低下面積値の合計は、%一酸化炭素肺拡散能力（拡散能： DL_{co} ）と負の相関を認めた。6MWT における歩行後 SpO_2 低下面積値の合計は、%最大呼気流量（PEF）、% DL_{co} と負の相関を認めた。ISWT において、% DL_{co} 低下群は正常群と比し、歩行後 SpO_2 低下面積値の合計は有意に高値を示した（ $p < 0.01$ ）。また、 SpO_2 低下面積値の回復に 1 分以上必要とする群は、1 分未満の群と比し、% DL_{co} が有意に低値を示した（ $p < 0.01$ ）。歩行後の SpO_2 回復には、拡散能が関連すると考えられた。また、6MWT は軽負荷であるが持続歩行を要し、ISWT は漸増負荷試験であるため、歩行時間に個人差が生じる。そのため、6MWT において、 SpO_2 低下面積値は、運動持続により拡散能だけでなく、呼気気流制限にも相関を認め、動的肺過膨張も影響したのではないかと考えられた。また、本研究において、歩行後少なくとも 2 分間は低酸素血症が持続する可能性があることが示唆された。このことから、歩行後は 2 分間を目安に休憩することが必要であると考えられた。

キーワード：慢性閉塞性肺疾患, incremental shuttle walking test, 6 分間歩行試験, SpO_2 低下面積値

慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease：COPD）は気流障害を伴う、不可逆性の疾患であり¹⁾、呼吸困難の軽減、運動耐容能の改善、健康関連 QOL の改善に運動療法が効果的とされている。しかしながら、運動時低酸素血症の発生頻度は高く²⁾、安全に運動療法を施行するために、常に経皮的酸素飽和度（ SpO_2 ）のモニタリングが

必要とされる。

COPD 患者において、%努力性呼気一秒量（ FEV_1 ）や%一酸化炭素肺拡散能力（拡散能： DL_{co} ）は運動耐容能と関連が深い³⁾とされており、% DL_{co} が低値の COPD 患者は、慢性的に動作に関連した呼吸困難があり、運動パフォーマンスも低い⁴⁾と報告されている。また、O'Donnell らは、COPD 患者にお

*責任著者

COPD 患者の歩行後 SpO₂ 回復に関連する因子の検討

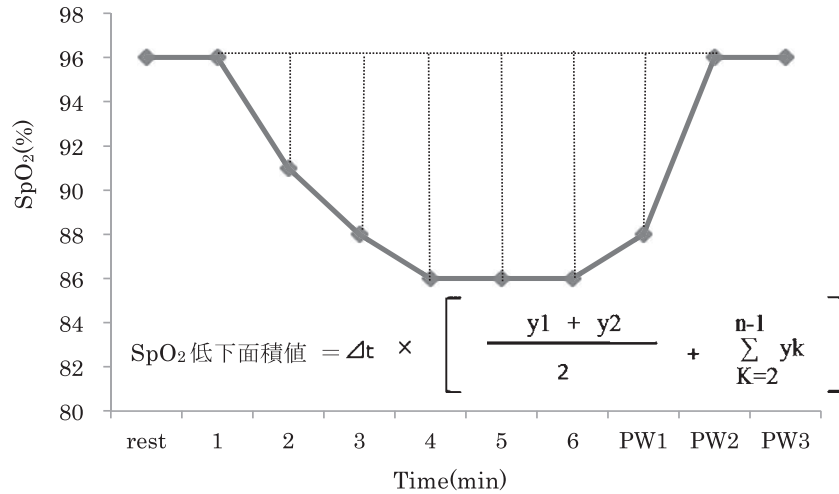


図 1 SpO₂ 低下面積値
PW : post walking Δt : 1 秒 y : Δ SpO₂

いて%DL_{co} 低値の群は、高値の群と比べて運動中の呼吸困難や肺過膨張が有意に強く、吸気予備力の低下により、1 回換気量の増大が得られなくなり、最終的に低酸素血症を引き起こすと報告している⁵⁾。

これまで、運動誘発性低酸素血症に関する研究は多数みられ、その機序について報告されている。また、運動誘発性低酸素血症は運動後も続いており、低酸素を呈する時間をできる限り短縮するためには、運動後の SpO₂ 変化を観察することは重要である。しかし、ほとんどの研究は運動前と運動中を比較するものであり、歩行後の SpO₂ 回復に関する研究は極めて少ない。また、歩行中の SpO₂ の変化を経時的変化のみで検討しており、歩行中から歩行後の SpO₂ の変化量を検討している研究も少ない。そこで、今回 incremental shuttle walking test (ISWT) と 6 分間歩行試験 (6MWT) を用いて、歩行後に持続する低酸素血症を定量化し、呼吸機能との関連について検討した。

研究 方法

1. 対象

対象は、連続歩行可能な安定期 COPD 患者 44 例 (男性 36 例、女性 8 例、平均年齢 76.6 ± 7.6 歳、在宅酸素療法導入患者 6 例) とした。除外基準は、心疾患、COPD 以外の呼吸器疾患、整形外科疾患、中枢神経疾患など呼吸機能や歩行試験に影響する合併症を有する者とした。本研究は、昭和大学保健医

療学部の倫理委員会の承認を得て行った。

2. 歩行試験

対象者全例に対し、ISWT を施行し、ISWT にて SpO₂ 低下を認めた者のうち日常生活において在宅酸素療法を必要としない者に対し、異なる日程で 6MWT を施行した。

両試験共に、歩行開始 10 分前より安静とし、3 分前よりパルスオキシメーター (スタープロダクト株式会社パルスオキシメーター 3150 リストックス 2) を用いて SpO₂ の測定を開始した。

ISWT は日本語版実施マニュアル⁶⁾ に従って実施し、漸増する負荷量に対し歩行がついていけなくなった時点で終了とした。6MWT では、呼吸リハビリテーションマニュアル⁷⁾ に従って実施し、6 分間連続歩行を行い、途中で休憩を要する者は、対象から除外した。両試験における SpO₂ は、パルスオキシメーター付属の専用ソフトでコンピューターへ取り込み、EXCEL ファイルにて 1 秒ごとの値を記録した。歩行前 1 分間のうち、10 秒以上記録した一番低い SpO₂ を安静時の SpO₂ とした。SpO₂ の低下は、運動時酸素療法の適応となる⁸⁾ 4% 以上の低下を示した場合とし、両試験とも、歩行後安静時の SpO₂ を連続して 10 秒以上記録した時点で回復とした。

3. SpO₂ 低下面積値の算出方法

安静時の SpO₂ を基準とし、1 秒毎に記録した ΔSpO₂ (安静時の SpO₂ と歩行中後の SpO₂ の差) を用いて Simpson の公式に当てはめ、1 分間毎の面

積を算出した (図 1)。

4. 測定項目

全対象者に安静時の呼吸機能検査を実施した。測定項目は、%努力肺活量 (%FVC)、予備吸気量 (IC)、一秒率 (FEV_{1%})、予測値に対する一秒量 (%FEV₁)、%最大呼気流量 (%PEF)、%機能的残気量 (%FRC)、%残気量 (%RV)、%全肺気量 (%TLC)、残気率 (RV/TLC)、%拡散 (%DL_{co})、%拡散能/肺胞気量 (%DL_{co}/VA) であった。また、安静時の呼吸困難の指標として Modified Medical Research Council (mMRC) の息切れスケールを用いて評価し、歩行前後の呼吸困難は修正 Borg scale を用いて評価を行った。

5. 分析方法

統計学的手法は、歩行後 1 分間毎の SpO₂ 低下面積値の差の検討に、Tukey's HSD テストを用いた。次に、SpO₂ 低下面積値と各測定項目との関連の検討に、Spearman の順位相関係数を用いた。また %DL_{co} 70% を基準とし、低値群と正常群の SpO₂ 低下面積値の比較に Man-Whitney の U 検定を用いた。また、同様に SpO₂ 低下面積値の回復に 1 分以上有する群と 1 分未満の群に分類し、%DL_{co} の比較について Man-Whitney の U 検定を行った。

結 果

対象者 44 例のうち、ISWT にて SpO₂ の低下を認めたのは 38 例 (在宅酸素療法導入者 6 例) であった。そのうち 6MWT にて連続歩行が可能であり、SpO₂ 低下を認めたのは、23 例であった。両歩行試験における対象者の背景、呼吸機能検査の結果および、歩行試験の結果に有意差は認めなかった (表 1)。歩行終了前 1 分間の SpO₂ 低下面積値 (ISWT, 6MWT) は、347.68 ± 148.63, 403.80 ± 154.02、歩行終了後 1 分間の SpO₂ 低下面積値は、312.86 ± 185.13, 339.28 ± 161.14、歩行後 2 分間の SpO₂ 低下面積値は 77.70 ± 168.19, 85.09 ± 90.7、歩行後 3 分間の SpO₂ 低下面積値は 29 ± 140.49, 7.2 ± 19.31 であった。両試験において、歩行終了前 1 分間の SpO₂ 低下面積値は、歩行後 1 分間では有意差を認めず、歩行後 2 分間の SpO₂ 低下面積値は有意に低値となった (p < 0.01) (図 2)。また、歩行後 2 分間の SpO₂ 低下面積値と歩行後 3 分間の SpO₂ 低下面積値は有意差を認めなかった。

表 1 患者背景、呼吸機能、歩行試験の結果

	ISWT n = 38	6MWT n = 23
年齢	77.8 ± 6.5	78.9 ± 5.2
BMI	20.2 ± 3.6	20.5 ± 3.5
MRC	1.8 ± 0.9	1.6 ± 0.8
IC (ℓ)	1.7 ± 0.5	1.8 ± 0.4
%FVC (%)	92.4 ± 19.1	99.1 ± 16.8
%FEV ₁ (%)	54.9 ± 21.7	61.3 ± 21.7
FEV _{1%} (%)	45.7 ± 14.3	48.2 ± 15.5
%PEF (%)	56.7 ± 24.6	64.2 ± 22.8
%DL _{co} (%)	76.7 ± 24.8	78.8 ± 21.4
%DL _{co} /VA (%)	64.4 ± 22.1	65.6 ± 22.4
%RV (%)	76.5 ± 23.3	73.2 ± 20.1
%FRC (%)	102.3 ± 24.0	98.1 ± 21.3
%TLC (%)	98.3 ± 18.2	96.3 ± 16.5
RV/TLC (%)	41.2 ± 10.1	37.5 ± 7.7
歩行距離 (m)	346.8 ± 132	463.3 ± 82.3
Δ Borg scale	5.2 ± 2.3	4.3 ± 1.9
安静時 SpO ₂	96.0 ± 1.8	95.5 ± 1.8
歩行後 SpO ₂	88.8 ± 3.7	87.9 ± 3.0
Δ SpO ₂ (%)	7.2 ± 2.8	7.6 ± 2.5

BMI : Body-Mass Index

MRC : Modified Medical Research Council

IC : 予備吸気量 %FVC : %努力肺活量

%FEV₁ : 予測値に対する 1 秒量 FEV_{1%} : 1 秒率

%PEF : %最大呼気流量 %DL_{co} : %拡散能

%DL_{co}/VA : %拡散能/肺胞気量 %RV : %残気量

%FRC : %機能的残気量 %TLC : %全肺気量

RV/TLC : 残気率

Δ Borg scale : 歩行前後の Borg scale の差

Δ SpO₂ : 歩行前後の SpO₂ の差

ISWT において歩行終了となったレベル別の人数は、レベル 3 (歩行速度 : 50 m/min) が 2 例、レベル 4 (60 m/min) が 2 例、レベル 5 (70 m/min) が 6 例、レベル 6 (80 m/min) が 9 例、レベル 7 (90 m/min) が 2 例、レベル 8 (100 m/min) が 16 例、レベル 9 (110 m/min) が 1 例であった。6MWT における 1 分間の平均歩行距離は 77.2 ± 13.4 m であった。

また、ISWT における歩行後 SpO₂ 低下面積値の合計は、%DL_{co} と負の相関を認め、6MWT における歩行後 SpO₂ 低下面積値の合計は、%PEF、%DL_{co} と負の相関を認めた (表 2)。また、ISWT において、歩行後 1 分間の SpO₂ 低下面積値は、%DL_{co} 低下群が正常群と比し有意に高値を示し (p < 0.01) (図 3)。

COPD 患者の歩行後 SpO₂ 回復に関連する因子の検討

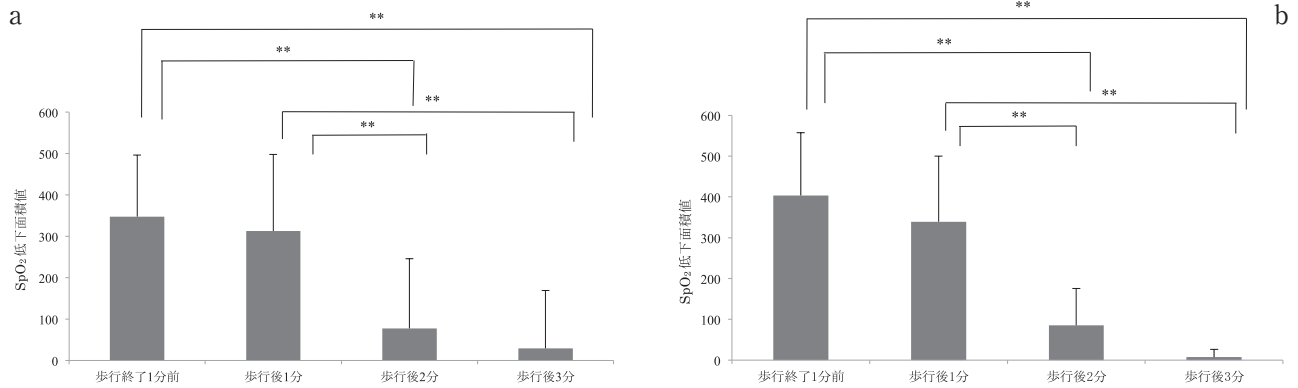


図 2

a : ISWT における SpO₂ 低下面積値の変化

** p < 0.01

b : 6MWT における SpO₂ 低下面積値の変化

** p < 0.01

表 2 SpO₂ 低下面積値と呼吸機能, 歩行距離, 呼吸困難の関係

	ISWT n = 38		6MWT n = 23	
	r	p	r	p
MRC	0.00	1.00	-0.06	0.79
IC	-0.15	0.38	-0.30	0.16
%FVC	-0.15	0.36	-0.34	0.11
%FEV ₁	-0.08	0.63	-0.30	0.16
FEV ₁ %	-0.06	0.73	-0.19	0.39
%PEF	-0.13	0.45	-0.43	0.04
%DL _{co}	-0.42	0.01	-0.45	0.03
%DL _{co} /VA	-0.33	0.04	-0.32	0.14
%RV	0.15	0.38	0.01	0.95
%FRC	0.21	0.21	0.13	0.57
%TLC	0.21	0.21	0.03	0.89
RV/TLC	0.22	0.18	0.25	0.24
歩行距離	-0.11	0.52	-0.16	0.48
Δ Borg scale	0.03	0.85	-0.01	0.96

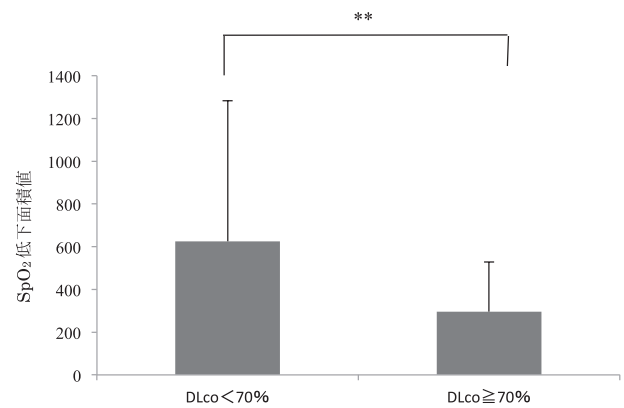


図 3 歩行後の SpO₂ 低下面積値と %DL_{co} の関係

** p < 0.01

SpO₂ 低下面積値の回復に 1 分以上必要とする群では, 1 分未満の群に対し %DL_{co} が有意に低値を示した (図 4) (p < 0.01).

考 察

本研究において, 6MWT では, 歩行後の SpO₂ 低下面積値は %PEF, %DL_{co} と相関を認めたのに対し, ISWT では, 歩行後の SpO₂ 低下面積値は %DL_{co} のみと相関を認めた. これは, 両試験の特性

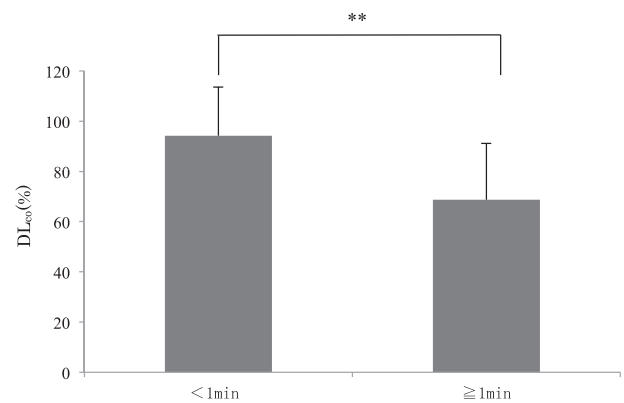


図 4 歩行後の SpO₂ 低下面積値回復時間と %DL_{co} の関係

** p < 0.01

と、患者背景によるものと考える。

ISWT は、漸増負荷試験であり、1 分毎に歩行速度が速くなり、呼吸困難により歩行速度を維持できなくなった時点で終了となる。また、最高酸素摂取量と関連が深い⁹⁾とされ、6MWT と比較すると運動強度が強く、 ΔSpO_2 も大きい¹⁰⁾と報告されている。それに対し、6MWT は、最高酸素摂取量を決定したり、運動制限因子を解明したりするものではなく、日常生活における機能障害の重症度を評価することに適しており、負荷量に個人差が生じる。加えて ISWT は全例に施行しているのに対し、6MWT では ISWT で SpO_2 低下を認めた者のうち、6 分間連続歩行が可能であった者を対象としており、運動耐容能が保たれている者を対象としている。また、ISWT では歩行開始時、30 m/min と、ゆっくりのペースで歩き始めているのにもかかわらず、歩行開始から 4 分を過ぎた 70 m/min から歩行終了となる者が増えているのに対し、6MWT では 1 分間平均 77.2 ± 13.4 m の速さで 6 分間連続歩行している。本来、6MWT は自分のペースで歩行可能であり、呼吸困難や疲労がある場合は、立ち止まることも可能な試験である。しかしながら、本研究では、6 分間連続歩行可能な者を対象としているため、6MWT の負荷量が高くなり、ISWT と 6MWT において ΔSpO_2 に有意差を認めなかったと考えた。

このことから、6MWT では持続した運動により動的肺過膨張を引き起こし、低酸素血症を呈したと考えられる。また、6 分間歩行距離 (6MWD) と関連が深い因子は、 DL_{co} 、年齢、PEF である¹¹⁾と報告されている。これらのことから、歩行後の SpO_2 低下面積値は $\% \text{DL}_{\text{co}}$ だけでなく、気道閉塞の指標である $\% \text{PEF}$ と負の相関を認め、呼気気流制限による動的肺過膨張が回復に影響を与えていると考えた。それに対し、ISWT では 6MWT より負荷量が高いものの、運動継続時間が短くても評価可能な試験であるため、 SpO_2 低下面積値は運動中の呼気気流制限の指標となる $\% \text{PEF}$ とは相関を認めず、 $\% \text{DL}_{\text{co}}$ とのみ負の相関を認めたと考える。

また、運動時低酸素血症は、 AaDO_2 (肺動脈血酸素分圧較差) によって引き起こされ^{12, 13)}、運動中、または運動後にみられる換気血流比不均等と関連がある¹⁴⁾と報告されている。また、運動による肺毛細血管系の拡張により増加した血流と換気

のミスマッチが、拡散障害を引き起こすとされている^{12, 15)}。

本研究において、ISWT 後 1 分間の SpO_2 低下面積値は、 $\% \text{DL}_{\text{co}}$ 正常群と比し、低下群で有意に高値を示していた。また、 $\% \text{DL}_{\text{co}}$ 低下群は、 $\% \text{DL}_{\text{co}}$ 正常群と比し、歩行後の SpO_2 低下面積値の回復が有意に遅かった。COPD は、肺胞構造の破壊による肺胞換気面積の減少と肺微小血管床の減少による毛細血管血流量の低下により、拡散障害を示すとされる。これまで、拡散障害が AaDO_2 を開大し、運動誘発性低酸素血症を引き起こし¹⁶⁾、運動時低酸素血症は DL_{co} と関連が深い¹¹⁾と報告されている。本研究における SpO_2 低下面積値は ΔSpO_2 と回復時間から算出されており、運動時に引き起こされた低酸素血症が、運動後も持続しているため、 $\% \text{DL}_{\text{co}}$ が低値の群では SpO_2 低下面積値が有意に高く、回復も遅延したと考える。

また、両試験において SpO_2 低下面積値は歩行後 1 分間では改善を認めず、歩行後 2 分間より有意な改善を認め、歩行後 2 分間の SpO_2 低下面積値と歩行後 3 分間の SpO_2 低下面積値は有意差を認めなかった。このことから、本研究において、歩行後少なくとも 2 分間は低酸素血症が持続する可能性があることが示唆された。また、このことから歩行後は 2 分間を目安に休憩することが必要だと考えられた。さらに、これまで労作時の酸素療法について検討されているが、6MWT において酸素流量の調節は困難¹⁷⁾であるといわれている。本研究においても歩行後の平均 SpO_2 (ISWT, 6MWT) は 87.9, 88.8%, ΔSpO_2 は 7.2, 7.6% と低下を認めている。歩行後も 2 分間は低酸素血症が継続することから、回復過程も考慮した労作時の酸素投与量の決定について検討する必要があると考える。また、短時間作用性の抗コリン薬でも、運動耐容能の改善が得られ、長時間作用性抗コリン薬や β 刺激薬で、過膨張の軽減と運動耐容能の改善が得られる¹⁸⁾といわれている。さらに、長時間作用性抗コリン薬や β 刺激薬は、 FEV_1 や IC だけでなく、 DL_{co} も改善すると報告されている¹⁹⁾。薬剤に加えて、リハビリテーションを併用すると運動耐容能の改善が増大される²⁰⁾ため、適切な酸素投与と薬剤を併用したりリハビリテーションにより、低酸素血症を最小限にとどめ、運動耐容能を改善することが必要であると考えられる。

本研究において、安静時の呼吸機能検査にて %DL_{co}, %PEF が低値の COPD 患者は、歩行中だけでなく歩行後も低酸素血症が持続することが示唆された。このことから、拡散能と呼気気流制限が SpO₂ の回復に影響を与えており、%DL_{co}, %PEF が SpO₂ 回復の遅延を予測する因子として有効であると考えられた。また、歩行後の SpO₂ 改善には少なくとも 2 分間の休憩を必要とすると考えられた。呼吸リハビリテーションにて運動耐容能を向上するために、適切な酸素療法や薬剤の投与が必要であると示唆された。

利益相反

本研究に関し、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Celli BR, MacNee W. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J*. 2004;23:932-946.
- 2) Van Gastel AJR, Clarebach CF, Stöwhas AC, *et al*. Prevalence and prediction of exercise-induced oxygen desaturation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*. 2012;84:353-359.
- 3) Chuang ML, Lin IF, Wasserman K, *et al*. The body weight-walking distance product as related to lung function, anaerobic threshold and peak VO₂ in COPD patients. *Respir Med*. 2001;95:618-626.
- 4) O'Donnell DE, Webb KA. Breathlessness in patients with severe chronic airflow limitation. Physiologic correlations. *Chest*. 1992;102:824-831.
- 5) O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164:770-777.
- 6) Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE 著, 千住秀明, Jenkins SC, 高橋哲也訳. シャトルウォーキングテスト (SWT) 日本語版: 評価マニュアル. 長崎: 長崎大学医学部保健学科理学療法専攻千住研究室; 2001.
- 7) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会呼吸リハビリテーション委員会ワーキンググループ, 日本呼吸器学会呼吸管理学会部会, 日本リハビリテーション医学会呼吸リハビリテーションガイドライン策定委員会, ほか. 呼吸リハビリテーションマニュアル —運動療法— 第2版. 東京: 照林社; 2012. pp130-133.
- 8) British Thoracic Society (BTS) Working Group on Home Oxygen Services. Clinical component for the home oxygen service in England and Wales. January 2006. (accessed 2014 Oct 31)
[https://www.brit-thoracic.org.uk/document-library/clinical-information/oxygen-guideline-\(adults\)/bts-home-oxygen-in-adults-clinical-component/](https://www.brit-thoracic.org.uk/document-library/clinical-information/oxygen-guideline-(adults)/bts-home-oxygen-in-adults-clinical-component/)
- 9) Gracia-Rio F, Lores V, Mediano O, *et al*. Daily physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease is mainly associated with dynamic hyperinflation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009;180:506-512.
- 10) Lewko A, Marshall J, Garrod, R. Ambulatory oxygen therapy assessment: a comparative study of incremental shuttle and 6-minute walking tests. *Physiotherapy*. 2007;93:261-266.
- 11) Mak VHF, Bugler JR, Roberts CM, *et al*. Effect of arterial oxygen desaturation on six minute walk distance, perceived effort, and perceived breathlessness in patients with airflow limitation. *Thorax*. 1992;48:33-38.
- 12) Dempsey JA, Hanson PG, Henderson KS, *et al*. Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy human subjects at sea level. *J Physiol*. 1984;355:161-175.
- 13) Rowell LB, Taylor HL, Wang Y, *et al*. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise. *J Appl Physiol*. 1964;19:284-286.
- 14) St Croix CM, Harms CA, McClaran SR, *et al*. Effect of prior exercise on exercise-induced arterial hypoxemia in young women. *J Appl Physiol*. 1998;85:1556-1563.
- 15) Johnson RL Jr, Spicer WS, Bishop JM, *et al*. Pulmonary capillary blood volume, flow, and diffusing capacity during exercise. *J Appl Physiol*. 1960;15:893-902.
- 16) 山田浩一, 木田厚瑞, 高崎雄司, ほか. 健常高齢者の呼吸困難感の評価における Oxygen Cost Diagram の有用性に関する臨床的研究. *J Nippon Med Sch*. 2001;68:246-252.
- 17) Galera R, Casitas R, Martinez E, *et al*. Exercise oxygen flow titration methods in COPD patients with respiratory failure. *Respir Med*. 2012;106:1544-1550.
- 18) O'Donnell DE, Flüge T, Gerken F, *et al*. Effects of tiotropium on lung hyperinflation, dyspnoea and exercise tolerance in COPD. *Eur Respir J*. 2004;23:832-840.
- 19) Santus P, Centanni S, Morelli N, *et al*. Tiotropium is less likely to induce oxygen desaturation in stable COPD patients compared to long-

acting β 2-agonists. *Respir Med.* 2007;101:1798-1803.
20) Casaburi R, Kukafka D, Cooper CB, *et al.* Improvement in exercise tolerance with the com-

bination of tiotropium and pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Chest.* 2005;127:809-817.

DETERMINANTS OF RECOVERY FROM OXYGEN DESATURATION AFTER WALKING IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Chika HIROTA and Kazumasa TANAKA

Showa University Graduate School of Nursing and Rehabilitation Sciences

Takuma KAWASHIMA

Department of Rehabilitation Medicine, Nihon Koukan Hospital

Abstract — Hypoxemia occurs after walking in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), but the recovery of blood oxygen saturation (SpO_2) after walking has not been studied, and its underlying mechanism remains unclear. This study evaluated changes over time in hypoxemia occurring after walking and examined SpO_2 recovery-related factors in patients with COPD after the incremental shuttle walking test (ISWT) and six-minute walking distance test (6MWT). Forty-four patients with COPD were included. They underwent a pulmonary function test and performed the ISWT and 6MWT. SpO_2 was recorded every second and ΔSpO_2 (extent of the change in this value of resting SpO_2 and during or after walking SpO_2) was used in Simpson's formula for calculating decrease in SpO_2 (expressed in terms of area) every minute during and after walking. Decrease in SpO_2 after walking was inversely correlated with percent diffusing capacity for carbon monoxide ($\%\text{DL}_{\text{co}}$) and peak expiratory flow (PEF, expressed as a percentage of the predicted peak flow: $\%\text{PEF}$). Classification based on $\%\text{DL}_{\text{co}} = 70\%$ showed that those with $\%\text{DL}_{\text{co}} < 70\%$ had significantly greater decrease in SpO_2 after walking than did those with $\%\text{DL}_{\text{co}} \geq 70\%$. SpO_2 recovery was not noted 1 minute after walking but significantly improved at 2 minutes. These results suggest that SpO_2 recovery after walking is related to $\%\text{DL}_{\text{co}}$. Continuous walking led to exercise-induced dynamic lung hyperinflation in the 6MWT, indicating that SpO_2 recovery may be related to both $\%\text{DL}_{\text{co}}$ and $\%\text{PEF}$. The results suggest that hypoxemia continues for up to 2 minutes after walking, indicating that patients with COPD need a 2-minute rest period (rough standard) after walking.

Key words: chronic obstructive pulmonary disease (COPD), incremental shuttle walking test, six-minute walking distance test, decrease in SpO_2 (expressed in terms of area)

〔受付：12月12日，2014，受理：1月15日，2015〕